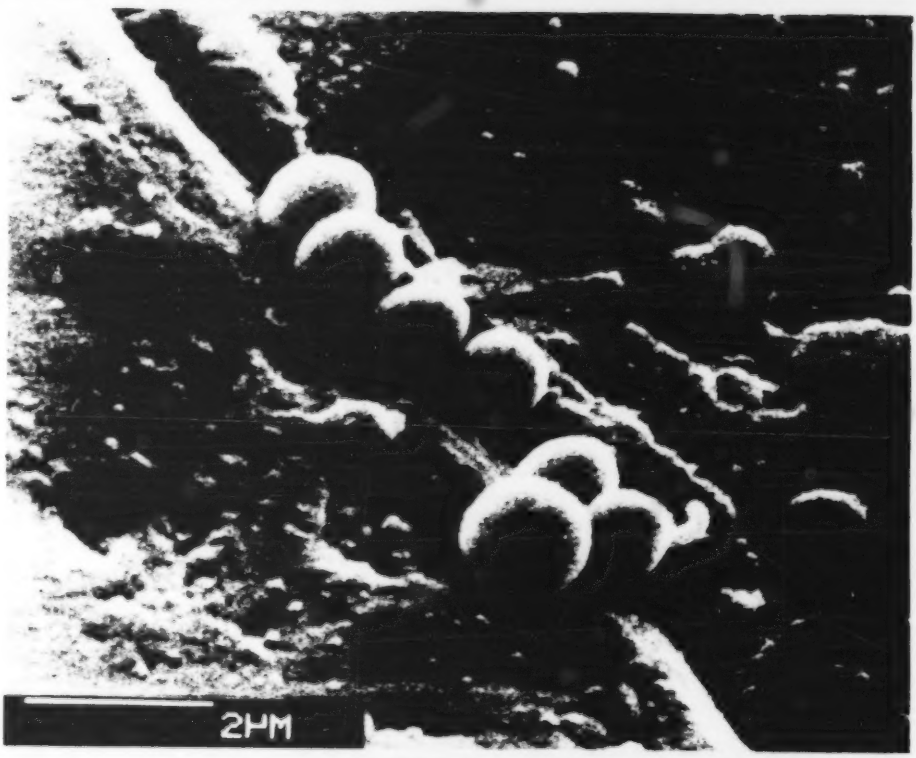
Choice and use of chemical sanitizers in the food industry

Agriculture Canada

Publication 1806/B



Canada

86-03626/

PUBLICATION 1806/B, available from
Communications Branch, Agriculture Canada,
Ottawa K1A 0C7

©Minister of Supply and Services Canada 1986
Cat. No. A73-1806/1986 ISBN: 0-662-54036-0
Printed 1986 3M-3:86

Choice and use of chemical sanitizers in the food industry

Gilles M. Tastayre
Écochimie Ltée
2187 de la Métropole
Longueuil, Québec
J4G 1S5

Richard A. Holley
Food Research Institute
Agriculture Canada
Ottawa, Ontario
K1A 0C6

Prepared in part from work conducted under Agriculture Canada Research Contract No. 1SZ79-00260.

Specific mention of a product type, brand name, or company does not constitute endorsement by the Government of Canada or by Agriculture Canada.

The Meat Hygiene Division, Food Production and Inspection Branch, Agriculture Canada, compiles a list of approved materials, agents, compounds, paints, and plant equipment that have been found acceptable for use in registered food plants in Canada. A charge is made for each copy of the list.

---

cover photograph
Bacterial cells (*Staphylococcus aureus* ATCC 6538) lodged in a scratch on the surface of stainless steel (viewed by scanning electron microscopy).

CONTENTS

FOREWORD / 5

INTRODUCTION / 5

Cleaning and cleaners / 5

Disinfection and sanitizers / 5

GENERAL BEHAVIOR OF MICROORGANISMS / 6

Types of microorganisms / 6
Bacteria / 6
Yeasts / 7
Molds / 7
Viruses / 7

Conditions for survival and growth / 7
Water / 7
Food / 8
Temperature / 8
pH / 8

Food-borne disease / 8
Infections / 8
Intoxications / 8

SANITIZERS / 9

Classes / 9
Mode of action / 9
Chemical destruction or denaturation / 9
Metabolic interference / 10
Inhibition of reproduction / 10

EVALUATION OF CHEMICAL SANITIZERS / 11

Basic criteria / 11
Factors affecting sanitizer efficacy / 11
Time, temperature, and concentration relationships / 11
Organic residues / 13
Water hardness / 13
Type of surface / 13
Length of exposure / 13

Testing sanitizer efficacy / 15
Laboratory testing / 15
In-plant testing / 17
General recommendations / 17

GENERAL SELECTION PROCEDURES FOR SANITIZERS / 18

QUALITY/PRICE RELATIONSHIP / 19

REFERENCES / 21

FOREWORD

To be safe for human consumption, food products should be free from pathogenic bacteria and foreign materials. To meet marketing needs, products require longer shelf-life, better palatability, and excellent presentation. These are the reasons for preventing filth and bacteria from spoiling food.

Cleanliness and sanitation are of utmost importance in food plants. Personnel, equipment, and premises should meet high standards of cleanliness and hygiene.

The purpose of cleaning is to eliminate residues that may contaminate foods, either directly or indirectly by sustaining the growth of microorganisms that may later be transferred to food. Cleaning should be done on a daily basis, or more often if needed. Appropriate approved cleaning compounds should be used to remove all foreign matter. Regular inspection schedules should also be followed to assess cleanliness periodically.

The purpose of sanitizing is to destroy most, if not all, living microorganisms present on surfaces and in the processing environment. Sanitizing also should be done daily, but only after cleaning. It is important to realize that sanitizing can never be a substitute for cleaning. Surfaces should be inspected regularly for microorganisms, to assess the efficiency of sanitizing.

INTRODUCTION

Cleaning and cleaners

Suitable methods of cleaning and disinfection of equipment in food processing plants can vary, but basically they consist of six steps:

- removal of loosely attached debris using hot or cold water;
- application of a detergent to emulsify the remaining material;
- scrubbing or high-pressure cleaning of soiled surfaces;
- application of hot (77°C) water or a chemical disinfectant;
- waiting for sufficient exposure;
- rinsing off the disinfectant with potable water.

The choice of a water-based cleaner from the seven classes available is made on the basis of the nature of the material to be removed, the chemical stability of the surfaces to be cleaned, the quality of water available, and the allowable cost.

The major classes of cleaners in use include basic alkalis, acids, surfactants, complex phosphates, chelating compounds (such as water softeners), defoamers, and chlorine (at a pH greater than 12).

When carried out properly in processing plants, cleaning is a useful method of decontamination because at least 90% of the organisms present are removed with the unwanted food residues.

Disinfection and sanitizers

Treatment with heat (at 77°C for more than 30 sec and up to 5 min) or with a chemical disinfectant after cleaning is the most effective way of dealing with the living organisms not removed from equipment surfaces by vigorous

cleaning. Chemicals that reduce disease-causing organisms to insignificant levels are commonly referred to as disinfectants. These same compounds are known as sanitizers when applied to equipment in food processing establishments.

Chemical sanitizers are one of the most powerful tools available for use in cleaning systems; however, their ability to kill residual organisms is substantially reduced if good housekeeping practices and efficient cleaning methods are not used to remove food debris prior to sanitizing. When properly and regularly cleaned (for example, at intervals of 2 to 4 hours during continuous operations), food contact surfaces harbor few organisms and the need for disinfection is also reduced. Under most conditions, use of sanitizers increases the shelf-life and quality of processed foods and, in addition, reduces the risk to public health from pathogens that might otherwise still be present on cleaned surfaces.

Just as it is important to use proper cleaning techniques in the plant, it is essential to apply sanitizers in accordance with instructions on their labels. Some sanitizers can be combined for better effect, but others when mixed become inactive. For example, when acid-anionic and quaternary ammonium sanitizers are used together they can neutralize each other, but if used one after the other they can be very effective.

In addition to compatibility, other characteristics that determine the suitability of sanitizers must be considered. These include response to pH and temperature, strength, persistence, toxicity, corrosiveness, and cost. This guide has been prepared to help food processors select the right type of product and conditions for its use, in order to obtain the maximum efficiency at the lowest possible cost.

GENERAL BEHAVIOR OF MICROORGANISMS

Types of microorganisms

Since neither cleaning nor sanitizing, nor the two processes together, can sterilize food contact surfaces and associated work areas or free them completely from microorganisms, there is no way sanitary control can be achieved without a regular program of cleaning and sanitation. Food processors have to deal with microorganisms on a recurrent or regular basis, because these organisms are continually introduced with the food being processed, can grow in the food, and may be transferred to other areas of the plant. It is therefore important to have some understanding of factors that influence their survival and potential for growth, with subsequent development of early food spoilage and human illness.

Bacteria

Bacteria are single-cell microorganisms, which reproduce simply by division into two identical cells. Two types, *Bacillus* and *Clostridium*, can also develop dormant forms called spores which are generally more heat resistant. Bacteria are classified into two main groups: Gram-positive (+), in which the cell wall has a low lipid or fat content, and Gram-negative (–), in which the cell wall has a high lipid content. These differences in mode of

reproduction and composition of the cell wall are the reasons why the response of bacteria to chemical sanitizers is extremely variable.

Generally, Gram(+) bacteria are easier to destroy than Gram(–), which in turn are easier to destroy than spores of *Bacillus* and *Clostridium*. However, there is always a possibility that some bacteria may show unexpected resistance to specific sanitizers under certain conditions. In some situations *Staphylococci* and *Streptococci* are more resistant than the Gram(–) *Enterobacteriaceae*; nonetheless, it is clear that vegetative forms of bacteria are destroyed by cleaning and disinfection methods.

Under optimal growth conditions, including temperatures of 24–46°C (75–115°F), bacteria may double their number every 10–20 min. Therefore one single cell may divide into more than 35 000 within 2.5–5 hours. Hence, it is mandatory to keep the initial population as low as possible and to create such adverse conditions that growth is greatly reduced if not blocked.

Yeasts

Yeasts are single-cell microorganisms which reproduce asexually by budding or sexually by the pairing of two mother cells, which can also lead to spore formation. Since the yeast cell wall consists mainly of sugar polymers (low in lipid), it also is Gram(+). Yeasts that naturally contaminate human food are of concern more from the point of view of food spoilage than from the perspective of public health.

Being used widely in many food processes, yeasts are grown on a large scale. They are responsible for desirable fermentations which lead to the production of bread, beer, wine, and distilled spirits. Unfortunately, some strains of yeast cause a substantial amount of food spoilage and are responsible for significant reduction in the shelf-life of foods such as jams, syrups, processed meats, and cottage cheese. Yeasts can grow with or without oxygen and cause spoilage of even very acidic foods (such as yogurt).

Molds

Molds are more complex microorganisms which grow to the extent of being visible to the naked eye. They reproduce in many different ways; however, they usually produce a large number of *spores*. These spores are readily spread by draughts of air or by water splashed on contaminated surfaces.

Despite the fact that mold spores are less resistant than bacterial spores, they are still difficult to destroy. The occurrence of heavy contamination by mold spores is always a critical problem when it comes to chemical sanitizing.

Viruses

Viruses are not a problem in food processing plants under sanitary conditions, with the possible exception of bacteriophage in starter cultures used in the dairy industry.

Conditions for survival and growth

Water

All living organisms need water to survive; many bacteria die if simply dried. Therefore, drying surfaces helps greatly in keeping contamination extremely low.

It has been observed that spores and some pathogenic bacteria (*Staphylococcus aureus* and *Mycobacterium tuberculosis*) survive very well when dry; therefore, chemical sanitizers must be used before surfaces are dried.

Food

Growth cannot occur on a surface that contains no nutrients to feed bacteria. Thorough cleaning with appropriate chemicals should remove all debris, thus leaving no place for bacteria to thrive and grow. Chemical sanitizing should be considered as another safety measure to assist in reducing the number of contaminating microorganisms, and is not a substitute for cleaning.

Temperature

The optimal growth temperature for microorganisms may be as low as 5°C or as high as 60°C, depending upon the individual organisms.

Refrigerating contaminated foods or surfaces does not disinfect them and bacteria may easily survive at low temperatures, even below the freezing point. No one should rely on cold temperatures to reduce contamination. Most common microorganisms stop growing, or grow at a very slow rate, if temperature is lowered; but as soon as storage conditions permit, these organisms, if present in large numbers, grow and rapidly spoil the product.

pH

For each species there is an optimal pH range for growth. Generally speaking, acidic conditions inhibit growth of most bacteria. If the pH is below 2.5 or above 10 there is very little chance that microorganisms will survive. This is the reason why a thorough cleaning conducted at pH 10 or above followed by acidic treatment at pH 2.5 or less kills almost every type of bacteria.

Food-borne disease

Illness developing after the consumption of contaminated food can be either an infection or an intoxication.

Infections

Food infections are established by the entrance, survival, and growth of a pathogenic microorganism in the body. Infection from food-borne pathogens such as *Salmonella* occur in the living tissue of the intestinal wall. *Clostridum perfringens* causes an infection but the body also reacts to the production of toxins by the organism.

Intoxications

Food intoxications are caused by the ingestion of poisonous or toxic materials formed by pathogenic organisms during their growth in food. These toxic materials or toxins are of two types, either endotoxins or exotoxins. Endotoxins are present within the cell and are released on the death of the microorganism. Exotoxins are excreted by the living microorganism and remain toxic long after their death. Some of these toxins are heat stable (for example, those produced by *Staphylococcus aureus*), and can retain

their potency in food even after boiling for 30 min. Thus, a contaminated food may no longer harbor live microorganisms but still be very dangerous.

It is evident that killing the offending microorganisms is not always sufficient; their toxins have to be destroyed also. It is much easier to avoid contamination by live microorganisms than to inactivate toxins once present in the foods. Sanitation should aim at maintaining low bacterial numbers rather than reducing high counts, and is thus a continuous responsibility in the food processing plant.

SANITIZERS

Classes

The three main classes of sanitizers used in food processing operations to reduce the numbers of living organisms to acceptable standards are heat, radiation, and chemical agents (Guthrie 1980).

Heat may be applied as flowing steam to yield 77° C (170° F) for 15 min or 93° C (200° F) for 5 min, with at least 1 min exposure to a steam jet. Hot water is an effective sanitizer if applied at 77° C for 2 min on dishes and utensils, but food processing equipment must be treated for 5 min at 77° C. Hot air is effective when used at 82° C (180° F) and applied for 20 min.

Radiation in the form of ultraviolet light destroys microorganisms on surfaces only in the direct rays of light. Contact time should exceed 2 min.

Chemical agents take a variety of forms and are the group in which we are most interested. These agents include chlorine-bearing compounds, quaternary ammonium compounds, aldoquaternary compounds, acid-anionic compounds, aldehydes, amphoterics, and iodine complexes. Although used in hospitals, compounds such as phenolics, formaldehyde, and salts of heavy metals are either too toxic or corrosive for use on food contact surfaces.

Mode of action

The manner in which the different sanitizers act is quite diverse and complicated in some instances, because sanitizers can act in more than one way. For example, oxidizers can cause chemical change or destruction but at the same time many bacteria may be poisoned through metabolic interference by liberated oxygen.

Chemical destruction or denaturation

Strong acids and bases are corrosive by virtue of their acidity or alkalinity, and rapidly destroy organic matter. Some of them may be used to kill microorganisms. Of course, the major limitation to the use of such products is that they corrode the equipment and materials used in food plants. Hazards in handling them are also a significant limiting factor. Besides pH, a variety of other types of chemical reactions may be used to sanitize.

Oxidizers are commonly used to destroy bacteria quickly; hypochlorites, complex chlorinated organic compounds, hydrogen peroxide, and peracetic acid are among the most widely used representatives of this class. Disinfection of carton materials by passage through a concentrated solution of

hydrogen peroxide has permitted the development of aseptic package filling in the food industry. Halogen-releasing compounds such as iodophors and bromine complexes which yield toxic iodine and bromine act in a similar way and are also widely used.

Typically, chemical destruction is a quick phenomenon, acting indiscriminately on all organic matter, and also on metals, but at variable rates. Since phospholipids are highly resistant to chemical attack, one may expect Gram(-) bacteria, which contain relatively large quantities of phospholipid in their cell walls, to be more resistant than others to this kind of sanitizing action.

Metabolic interference

Destruction by metabolic interference might be described as a poisoning of the living cells. Generally, the primary action of chemicals is directed at the cell wall and associated membrane. Weakening or destruction of these may be followed by secondary action within the cell, which loses the ability to generate vital energy from nutrients. This leads to cellular death. The exact nature of lethal events are still poorly understood, but are under study.

The important things to remember are the property of organic matter to interfere with or block the activity of the sanitizer, and the ability of some strains of microorganisms to acquire resistance to a particular anti-metabolic chemical sanitizer through mutation. Therefore, it is important when using this type of chemical to follow proper procedures and ensure the elimination of as many viable organisms as possible. It is also wise to alternate sanitizers at regular intervals, determined either experimentally or by experience.

Inhibition of reproduction

Some sanitizers, while not lethally destructive to a living cell, may interfere with its ability to reproduce by blocking the duplication of material in the nucleus of the cell. Often the chemical causes a protein chain to be assembled incorrectly. Others may interfere at specific sites, such as the sulfhydryl groups of amino acids, to prevent action of enzymes vital to reproduction.

Use of products that act in this manner does not eliminate all viable or living organisms. They halt reproductive growth, and when the sanitizer is rinsed from surfaces or becomes depleted, the viable bacteria may be poised, ready to grow after repair of their injuries.

In some instances a large increase in chemical concentration may produce an immediate lethal effect on some bacteria; however, to avoid any undesirable selection of resistant organisms, contact time should be the maximum allowed by manufacturers' instruction.

EVALUATION OF CHEMICAL SANITIZERS

Basic criteria

Choice of a chemical sanitizer should be based on:

- bactericidal potency (good killing power at low concentration);
- bactericidal spectrum (wide or selective depending upon intended uses);
- tolerance for adverse environmental conditions (organic residues, water hardness, detergent residues, pH, etc.);
- good surface-active properties (wetting ability);
- stability (concentrated and diluted);
- reasonable price;
- low level of taste and odor;
- low toxicity and irritant potential for the user;
- lack of interference with the manufacturing process.

Factors affecting sanitizer efficacy

Time, temperature, and concentration relationships

The effectiveness of sanitizing action is closely related to the temperature at which the procedure is carried out; the optimum temperature is in the range of 21–38°C (70–100°F). Some sanitizers like iodine are volatile and dissipate rapidly at temperatures above 50°C (120°F) whereas others are completely ineffective at temperatures of 4.5°C (40°F) or lower.

Unfortunately, in most instances the relationship between temperature and rate of kill is not known. Generally speaking, products that act by metabolic or reproductive interference become significantly more effective when the temperature is raised from 4°C to 50°C. Those acting principally by chemical destruction show much less change in efficacy when the temperature is raised. It should also be remembered that corrosion at elevated temperatures may quickly become a significant problem. Data to illustrate the relationships among time, temperature, and concentration, obtained during a recent study, are shown in Table 1.

The extent to which temperature causes stress to microorganisms or inhibits their growth, and the degree of its effect when combined with a sanitizer, depend on the nature of the target microorganisms. A few organisms grow optimally at temperatures under 20°C whereas others grow best at 55°C.

Temperature can be easily monitored in CIP (clean-in-place) systems and should be used to advantage whenever possible. On the other hand, exterior sanitizing of machinery does not allow for much temperature increase, since a hot sanitizer solution cools down very quickly when put in contact with cold machines. It is therefore recommended that the contact time be extended as much as possible. It is best to sanitize the equipment immediately after cleaning, and rinse a few minutes before the equipment is used.

Table 1 Minimum effective concentrations of various sanitizers against *Pseudomonas aeruginosa* as measured by the use-dilution test (AOAC 1980); temperature and contact time are the variables of the system; concentrations are expressed as ppm of active ingredients[1]

Sanitizer[2]	Contact time (min)	Concentration at temperatures of: 4° C (ppm)	20° C (ppm)	37° C (ppm)	50° C (ppm)
acid-anionic	10	375	225	50	20
(Per-vad)	20	375	225	50	20
	30	175	150	40	20
chlorhexidine acetate	10	12 500	5 500	250	150
(Hibitane)	20	7 500	2 000	250	50
	30	7 500	2 000	225	60
quaternary ammonium	10	4 250	2 250	1 000	275
(FP 787)	20	2 000	425	425	275
	30	1 500	425	325	275
glutaraldehyde	10	65 000	8 500	750	750
	20	32 500	2 000	750	550
	30	32 500	2 000	750	425
aldoquaternary compound	10	2 750	1 100	225	110
(Quatal)	20	1 000	650	225	110
	30	1 000	550	85	50
sodium hypochlorite	10	375	175	100	*
	20	110	65	45	*
	30	50	50	25	*
iodophor	10	110	40	40	*
(Mikroklene)	20	40	40	40	*
	30	40	40	20	*
amphoteric	10	12 500	12 500	2 250	850
(Tego 51)	20	11 000	7 500	275	125
	30	3 250	3 250	275	100

[1]Gélinas et al. (1981).

[2] Mention of a brand name does not constitute endorsement or mean these are the best or only compounds of this particular type available for use.

*Unstable at this temperature.

Organic residues

Most sanitizers are adversely affected by the presence of organic matter. Unfortunately, when proper cleaning is often overlooked in the hope that sanitizing will resolve contamination problems, the sa itizer is actually rendered next to useless.

The type of sanitizer and the nature of the food debris control the extent of loss in effectiveness. Commonly used sanitizers like hypochlorites and iodophors do not tolerate organic residues. Quaternary ammonium compounds, acid-anionics, aldoquaternary compounds, and amphoterics are slightly more tolerant, and aldehyde seems to be largely unaffected.

Laboratory testing has shown that cleaner-sanitizers offer little safety unless their solutions are changed often to avoid heavy accumulation of debris. Hand dips should be checked carefully to make sure that they do not become a source of contamination themselves.

Water hardness

Although the antibacterial effectiveness of hypochlorite is not substantially affected by extreme water hardness (500 ppm calcium plus magnesium), quaternary ammonium compounds should not be used where the water is hard (more than 200 ppm). Many quaternary ammonium compounds incorporate chelating agents that permit effectiveness even in hard water. Extremely hard water may also reduce the efficacy of iodophors when used at low levels.

Type of surface

The type of surface to be sanitized is a factor of considerable importance which is almost totally neglected in tests of a sanitizer's effectiveness. A recent study (Gelinas et al. 1981), involving stainless steel, polypropylene, and an aluminum alloy, revealed considerable variance in the efficient use-dilution concentration of some sanitizers when used on different substances. Therefore, a careful laboratory evaluation of sanitizers should include all major surfaces found in the plant where the products will be used.

Acidic materials like iodophors and acid-anionic complexes obviously should not be used on alkaline substrates like concrete. Standard-grade aluminum is severely affected by acid-anionics and hypochlorites.

It is important to note that organic chlorine compounds, hypochlorites, iodophors, quaternary ammonium compounds, and amphoterics are all suitable for use on food contact surfaces made of stainless steel, glass and ceramic ware, plastic, wood, and rubber, and even on some painted surfaces (Lewis 1980).

A summary of how the major types of sanitizers are affected by environmental conditions, and also some important individual characteristics of sanitizers, are presented in Table 2.

Length of exposure

Under optimum conditions of sanitization the time of exposure should be at least 2 min. Contact with the sanitizer is usually recommended to be in excess of 10 min, since conditions for application are usually not optimal for sanitizer action (Table 1).

Table 2 Proposed classification of tested disinfectants[1]

Disinfectant group	Mode of action	General reactivity	Heat and light stability	Tolerance for organic matter	Temperature dependence	Low-temperature efficacy
1. Sodium hypochlorite Iodophor	General cell oxidation	High	Low	Low	Low	High
2. Aldoquaternary complex Quaternary ammonium compound Anionic acid	General cell permeability denaturation	↑	↓	↓	↓	↑
3. Chlorhexidine acetate Amphoteric surfactant	not fully understood	↑	↓	↓	↓	↑
4. Glutaraldehyde	Fixation of external cell layers	Low	High	High	High	Low

[1] In brief from Hugo (1965).

Testing sanitizer efficacy

Laboratory testing

Many methods have been proposed to evaluate the efficacy of sanitizers by establishing the most effective dilution of the compound under in-use or "use-dilution" conditions. There are three main methods: suspension methods, tests with inert carriers, and agar tests.

Suspension methods are those where a known concentration of a test microorganism in liquid is exposed to a specific concentration of sanitizer. Survivors are counted and the rate of kill is established.

In tests with inert carriers, the carriers (such as metal rings) are contaminated with microorganisms, drained, and exposed to the sanitizer. The carriers are removed and transferred to a liquid that allows any living organisms to grow.

Agar tests can be used to test antibiotic-like substances. Sanitizer-impregnated disks are dropped on a layer of nutrient gel (agar) that contains bacteria. Effectiveness of the sanitizer is evaluated by the extent to which bacteria are inhibited around the disk.

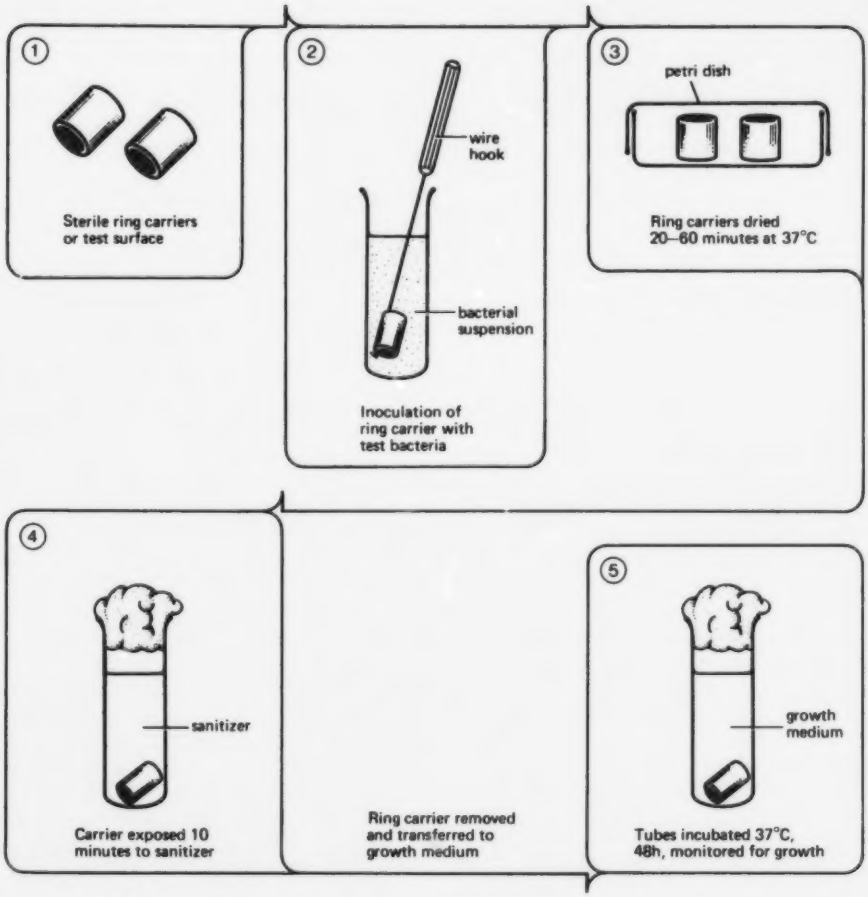
The "phenol coefficient" method, widely used a few years ago, is now considered by some people to be unreliable, particularly when applied to sanitizers that will be used for surface decontamination.

For the purpose of a sound evaluation, we consider that the AOAC "use-dilution" test (an inert-carrier type of test) and some of its variations reveal the conditions under which a given sanitizer will totally destroy living microorganisms present on a specific surface. Concentrations found effective may be much higher than what is generally required for practical sanitizing purposes, but these tests do allow some realistic comparisons to be made among various products. Also, essential factors such as the type of surface, interference by organic residues, and temperature may be studied and guidelines for use set accordingly.

AOAC "use-dilution" method. Essential steps of the method are explained in Figure 1. To be statistically significant, the test should be repeated 60 times. For practical purposes, 10 repetitions should suffice. The method is described in detail in the 13th edition of the AOAC manual (AOAC 1980).

Modifications of test procedures. To relate the standard tests more closely to conditions under which the sanitizers will be used in the plant, the following modifications to the test procedures are recommended.

- Water hardness: To determine the influence of water hardness on sanitizer efficacy, the germicidal and detergents sanitizers method (AOAC 1980) is used. In the standard method, distilled water is replaced with sterile water of known hardness. To assess the sanitizer's efficacy with the water actually found in the plant, it is suggested that an appropriate amount of water be sterilized and used for testing. It would be helpful to run analyses of pH, hardness, and iron before and after sterilizing in order to define the exact water conditions.
- Organic residues: The Whitmore and Miner (1976) method may be adopted. We would suggest that you use organic residues typical of your



The highest dilution which kills test organisms on ten carriers in a 10 minute interval represents presumed safe "use-dilution" for practical disinfection.

Figure 1. AOAC "use-dilution" method for testing sanitizer effectiveness.

industry (e.g., milk powder, dried blood) to assess the effect on sanitizer efficacy.

- Type of surface: Since the type of surface has a great bearing on the activity of sanitizers, we recommend that suitable samples of food contact surfaces from the plant actually be used for testing. Cleaning agents used in the experiments should be the same as those currently used in the plant to clean the surfaces. In this way, the test would take into account the cleaning method as well as the efficacy of the sanitizer.

In-plant testing

Unless a standard procedure is adopted, the in-plant part of the evaluation program may be misleading and without any correlation with laboratory results.

There are two main types of sampling methods to evaluate surface contamination: use of swabs of various types, and direct contact of the surface with solidified agar (e.g., Rodac plates).

The first method has the advantages of allowing recessed areas to be reached and also making use of some abrasive effect to dislodge microorganisms from the surface. It is, however, sometimes difficult to determine exactly the surface area sampled if it is not flat.

In some instances, when bacteria that may be present are of the anaerobic type in thin films (leuconostocs, lactobacilli), one may use swabs wetted with a sterile solution containing an abrasive material, (e.g., calcined silica), to efficiently remove all living microorganisms.

Rodac plates are easier to use and interpret. However, they can be used on flat surfaces only and they do not allow for easy further identification of bacteria. We would not recommend their use in an evaluation program; they should be restricted to routine control.

A typical procedure for testing the surface efficacy of a sanitizer would be:

- swabbing of suspected areas at the end of production;
- swabbing some areas immediately after regular cleaning;
- applying tested sanitizer at recommended concentration;
- swabbing after minimal recommended contact time;
- swabbing surfaces when ready for production.

In a preliminary evaluation, we would suggest that the swabs be examined with four different media to obtain the following counts:

- total count (SPC agar);
- yeasts and molds (PDA agar);
- coliforms (Brilliant green broth);
- staphylococci (Baird-Parker agar).

If the presence of anaerobes is suspected, appropriate agars and techniques should be used (Holdeman et al. 1977).

General recommendations

We would like to stress again the fact that sanitary surfaces are essential in a food plant; however, it should be remembered that most contamination usually occurs during processing. It is futile to spend great time and effort

on surface decontamination if good manufacturing practices are not followed.

On the basis of experience and our survey of published information, we make the following recommendations:

1. Do not rely too heavily upon unsubstantiated claims about a sanitizer. Request specific information, and if not available conduct your own tests.
2. Determine the practical "in-use" concentration of a product. Laboratory testing procedures should involve several test microorganisms including *Pseudomonas aeruginosa* and microbial contaminants from your plant. It may be necessary to hire the services of a laboratory to complete these tests.
3. Organic debris may adversely affect the efficacy of sanitizers. Check this possibility using residues from your plant. CLEAN FIRST.
4. Do not use construction materials that are difficult to sanitize; machines should be easy to clean and sanitize. Use an inert-carrier testing technique (AOAC 1980).
5. Use only corrosion-resistant materials; the range of available sanitizers will be wider.
6. Regularly check the concentration of unstable sanitizers (for example, iodophors, hypochlorites).
7. Carefully examine the possible interference of sanitizers with your manufacturing process. Avoid food contamination.
8. Establish the most economical time, temperature, and concentration ratio for each sanitizing product.
9. Correlate laboratory tests with practical in-plant evaluation.

GENERAL SELECTION PROCEDURES FOR SANITIZERS

1. IDENTIFY and select target microorganisms; prepare several strains, including *Pseudomonas aeruginosa*; work also with strains isolated from the factory.
2. DEFINE constraints to be observed:
   - in the factory: working time available; surface types; quality of cleaning.
   - related to products: corrosive strength; stability; toxicity; rinsing quality of bactericidal solutions.
3. STUDY behavior of products in the laboratory (*in vitro*), using approved test procedures.
4. CONFIRM results found in the laboratory by using factory (*in situ*) tests.
5. CALCULATE tne most economical concentration for effective sanitation (see next section).

A collection of information in Table 3 very briefly summarizes how selection of a sanitizer can begin by consideration of the above factors.

Table 3 General recommendations* for the use of chemical sanitizers in a food processing plant

Intended use	Recommended sanitizer
Gram(-) psychrotrophs (*Pseudomonas*)	acid-anionic, chlorhexidine acetate, glutaraldehyde, sodium hypochlorite, iodophor
Gram(+) vegetative cells	quaternary ammonium, aldoquaternary, iodophors, chlorine
bacterial spores	chlorine (or others)
coliforms	sodium hypochlorite, iodophor (or others)
hard water	acid-anionic, sodium hypochlorite, glutaraldehyde, aldoquaternary
aluminum equipment	glutaraldehyde, amphoteric, aldoquaternary
equipment just before use	iodophor, chlorine (or others)
equipment to be stored	quaternary ammonium, glutaraldehyde, aldoquaternary (or others)

*From Guthrie (1980) and Gélinas et al. (1981).

Notes: Physical constraints such as corrosion, type of surface, interference with manufacturing processes etc., have to be taken into consideration.

Recommendation of a particular type of sanitizer does not necessarily imply that other types would not be suitable for a given purpose.

QUALITY/PRICE RELATIONSHIP

Although the relationship between quality and price is complex, in general its analysis requires the use of both *in vitro* and *in situ* results. An example of this kind of calculation is given below. It is based on the following equation:

Cost = cost of sanitizer needed + cost of heating water to desired temperature

It is assumed that three products, A, B, and C, are available. We know their effectiveness thresholds (that is, the lowest concentration at which they kill all bacteria at a given temperature of the solution).

Sanitizer	Sanitizer cost ($/L)	Effectiveness threshold—percentage concentration at temperatures of: 4°C (%)	20°C (%)	40°C (%)	70°C (%)
A	1.80	2.0	1.5	1.0	1.00
B	3.25	0.5	0.2	0.1	0.05
C	1.05	1.0	0.8	0.6	unacceptable

In this example, we assume that 1000 L of bactericide solution (cleaning through circulation) are to be used. The cost of sanitizer needed is thus the sanitizer cost per litre multiplied by its percentage concentration in the solution, and by the quantity of solution to be used.

To find the cost of heating water to the desired temperature, let us assume that the water available has a temperature of 10° C. To heat it further requires the consumption of oil, which costs $0.40/L. The heating cost is calculated by multiplying the 1000 L of solution by the number of degrees by which the temperature is to be raised, and by the price of oil per litre divided by 10 000 (representing the energy in Calories generated by one litre of fuel).

The most economical application of the products tested is thus calculated as follows:

Product A

$$4°C: (1.80 \times 2.0\% \times 1000) + (0) = \$36.00$$

$$20°C: (1.80 \times 1.5\% \times 1000) + \left(1000\,[20-10] \times \frac{0.40}{10\,000}\right) = \$27.40$$

$$40°C: (1.80 \times 1.0\% \times 1000) + \left(1000\,[40-10] \times \frac{0.40}{10\,000}\right) = \$19.20$$

$$70°C: (1.80 \times 1.0\% \times 1000) + \left(1000\,[70-10] \times \frac{0.40}{10\,000}\right) = \$20.40$$

Thus, the most economic and effective application of sanitizer A would be a 1% solution applied at a temperature of 40° C.

Product B

$$4°C: (3.25 \times 0.5\% \times 1000) + (0) = \$16.25$$

$$20°C: (3.25 \times 0.2\% \times 1000) + \left(1000\,[20-10] \times \frac{0.4}{10\,000}\right) = \$\ 6.90$$

$$40°C: (3.25 \times 0.1\% \times 1000) + \left(1000\,[40-10] \times \frac{0.4}{10\,000}\right) = \$\ 4.45$$

$$70°C: (3.25 \times 0.05\% \times 1000) + \left(1000\,[70-10] \times \frac{0.4}{10\,000}\right) = \$\ 4.03$$

Sanitizer B is most economically and effectively used when applied at a concentration of 0.05% and a temperature of 70° C.

Product C

$$4°C: (1.05 \times 1.0\% \times 1000) + (0) = \$10.50$$

$$20°C: (1.05 \times 0.8\% \times 1000) + \left(1000\,[20-10] \times \frac{0.4}{10\,000}\right) = \$\ 8.80$$

$$40°C: (1.05 \times 0.6\% \times 1000) + \left(1000\,[40-10] \times \frac{0.4}{10\,000}\right) = \$\ 7.50$$

70° C: unacceptable

When sanitizer C is used at a concentration of 0.6% at 40° C, the best results for the least cost will be attained.

It should be clear that applying the highest concentration of sanitizer is not always the best and most sensible way to use these compounds. Considerable savings and improvement in sanitizing efficacy can be realized if the above calculations are carried out.

REFERENCES

AOAC. 1980. Official methods of analysis, Association of Official Analytical Chemists, 13th edition. W. Horwitz, ed., Washington, D.C. pp. 56–68.

Gélinas, P.; Goulet, J.; Tastayre, G. M.; Picard, G. A. 1981. Chemical disinfection and sanitizing in the food industry. Research Contract No. ISZ79–00260, Agriculture Canada, Ottawa. 117 pp.

Guthrie, R. K. 1980. Food sanitation, 2nd edition. AVI Publishing Co. Inc., Westport, Conn. 326 pp.

Holdeman, L. V.; Cato, E. P.; Moore, W. E. C. 1977. Anaerobe laboratory manual, 4th edition. Virginia Polytechnic Institute and State University Anaerobe Laboratory, Blacksburg, Va. 24061.

Hugo, W. B. 1965. Disinfection. Pages 187–270 *in* Sterilization and disinfection, T. S. Whittet, W. B. Hugo, and G. R. Wilkinson, eds., William Heinemann Medical Books Ltd., London.

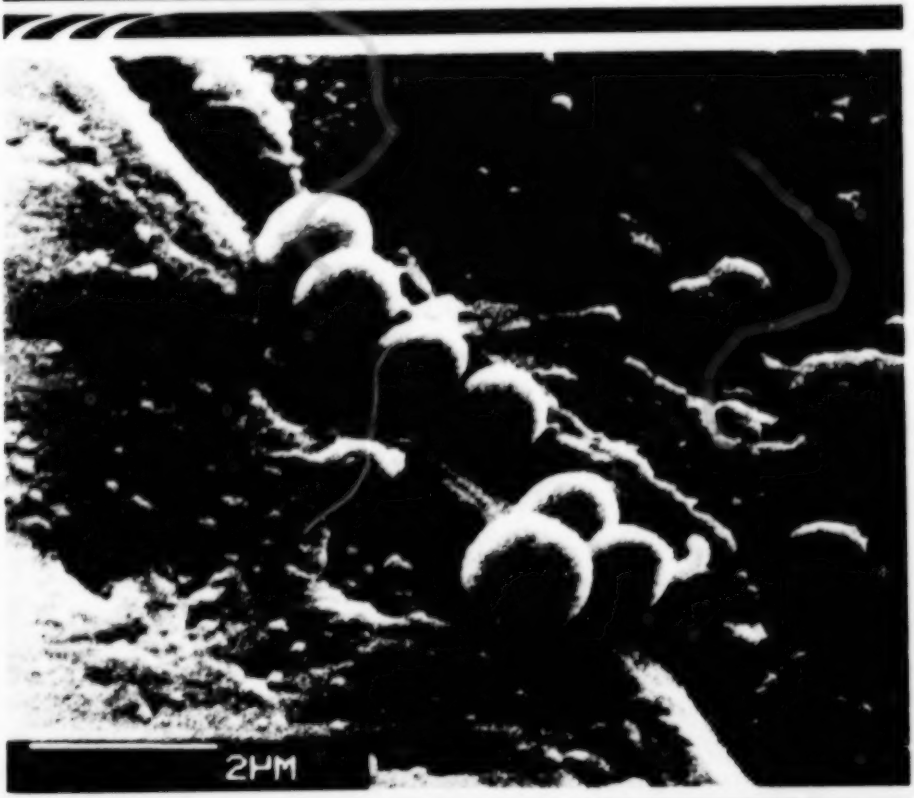
Lewis, K. H. 1980. Cleaning, disinfection and hygiene. Pages 232–258 *in* Microbial ecology of foods, Vol. 1. International Commission on Microbiological Specifications for Foods. Academic Press Inc., New York.

Whitmore, E. J.; Miner, N. A. 1976. Analysis and optimization of a quantitative organic soil neutralization test for disinfectants. J. Assoc. Off. Anal. Chem. 59:1344–1351.

Choix et utilisation des désinfectants chimiques dans l'industrie alimentaire

Agriculture Canada

Publication 1806/B



Canada

PUBLICATION 1806/B, on peut obtenir des exemplaires à la Direction générale des communications, Agriculture Canada, Ottawa K1A 0C7

©Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1986
N° de cat. A73-1806/1986 ISBN: 0-662-54036-0
Impression 1986 3M-3:86

Choix et utilisation des désinfectants chimiques dans l'industrie alimentaire

Gilles M. Tastayre
Écochimie Ltée
2187 de la Métropole
Longueuil, Québec
J4G 1S5

Richard A. Holley
Institut de recherches sur les aliments
Agriculture Canada
Ottawa, Ontario
K1A 0C6

Préparé à partir d'un travail réalisé suite au contrat de recherche N^{0} 1SZ79-00260 d'Agriculture Canada.

La mention d'un type de produit, d'une marque déposée ou d'une entreprise ne constitue pas un appui de la part du Gouvernement du Canada ou d'Agriculture Canada.

La division de l'hygiène des viandes, Direction générale de la production et de l'inspection des aliments, Agriculture Canada, a dressé une liste des matières, agents, composés, peintures et pièces d'équipement approuvés pour utilisation dans les établissements de transformation alimentaire enregistrés au Canada. On peut obtenir une copie de cette liste en versant la somme exigée.

---

photographie de la page couverture
Cellules bactériennes (*Staphylococcus aureus* ATCC 6538) incrustées dans une égratignure sur une surface d'acier inoxydable (vues au microscope électronique à balayage).

TABLE DES MATIÈRES

AVANT-PROPOS / 5

INTRODUCTION / 5

Nettoyage et agents nettoyants / 5

Désinfection et désinfectants / 6

COMPORTEMENT GÉNÉRAL DES MICROORGANISMES / 6

Types de microorganismes / 6
Bactéries / 7
Levures / 7
Moisissures / 8
Virus / 8

Conditions de survie et de croissance / 8
Eau / 8
Aliment / 8
Température / 8
pH / 9

Maladies d'origine alimentaire / 9
Infections / 9
Intoxications / 9

AGENTS DE DÉSINFECTION / 9

Classes / 9

Mode d'action / 10
Destruction ou dénaturation chimiques / 10
Interférence métabolique / 11
Inhibition de la reproduction / 11

ÉVALUATION DES DÉSINFECTANTS CHIMIQUES / 11

Critères de base / 11

Facteurs agissant sur l'efficacité du désinfectant / 12
Relations de temps, de température et de concentration / 12
Résidus organiques / 12
Dureté de l'eau / 14
Type de surface / 14
Durée d'exposition / 14

Vérification de l'efficacité du désinfectant / 16
Tests en laboratoire / 16
Tests à l'usine / 18

Recommandations générales / 19

MÉTHODE GÉNÉRALE POUR LE CHOIX DES DÉSINFECTANTS / 19

RAPPORT QUALITÉ/PRIX / 21

RÉFÉRENCES / 22

AVANT-PROPOS

Pour que les produits alimentaires soient sans danger pour le consommateur, ils doivent être exempts de bactéries pathogènes et de corps étrangers, et pour satisfaire aux exigences de commercialisation, ils doivent avoir une durée de conservation plus grande, de meilleures qualités organoleptiques et une excellente présentation. Voilà pourquoi il faut empêcher la saleté et les bactéries de contaminer les aliments.

Le nettoyage et la désinfection sont d'une importance capitale dans les usines de transformation des aliments. Le personnel, l'équipement et les lieux doivent satisfaire à des normes rigoureuses de propreté et d'hygiène.

Le but du nettoyage est d'éliminer les résidus qui peuvent contaminer les aliments, directement ou indirectement, en favorisant la croissance de microorganismes qui peuvent ultérieurement être transmis aux aliments. Le nettoyage doit se faire quotidiennement, ou plus souvent au besoin. Il faut utiliser des agents nettoyants approuvés et appropriés pour éliminer tous les produits étrangers. Un calendrier d'inspection doit être établi pour évaluer périodiquement l'état de propreté des aliments.

Le but de la désinfection est de détruire la plupart, sinon la totalité, des microorganismes vivants présents sur les surfaces et dans l'environnement de l'usine. La désinfection aussi doit se faire quotidiennement, mais seulement après le nettoyage. Il est important de bien comprendre que la désinfection ne peut jamais remplacer le nettoyage. Il faut inspecter régulièrement les surfaces pour y déceler la présence des microorganismes, de façon à évaluer l'efficacité de la désinfection.

INTRODUCTION

Nettoyage et agents nettoyants

Les méthodes qui conviennent pour le nettoyage et la désinfection de l'équipement dans les usines de transformation des aliments peuvent varier, mais fondamentalement, elles comprennent six étapes:

- éliminer les débris non incrustés avec de l'eau chaude ou froide;
- appliquer un détergent pour émulsifier la matière restante;
- frotter ou nettoyer à haute pression les surfaces souillées;
- appliquer de l'eau chaude (77 °C) ou un désinfectant chimique;
- permettre une durée d'exposition suffisante;
- rincer le désinfectant avec de l'eau potable.

Le choix de l'agent nettoyant diluable à l'eau utilisé dépend de la nature de la matière à éliminer, de la stabilité chimique des surfaces nettoyées, de la qualité de l'eau utilisée et du coût de l'opération.

Il existe sept classes principales d'agents nettoyants: nettoyants alcalins, nettoyants acides, agents tensio-actifs, phosphates complexes, composés chélatants (tels les adoucisseurs d'eau), les antimousses et le chlore (à un pH supérieur à 12).

Lorsque le nettoyage est réalisé de façon appropriée dans les usines de transformation des aliments, il constitue une excellente méthode de décontamination du fait que 90 % des organismes présents sont éliminés avec les résidus alimentaires indésirables.

Désinfection et désinfectants

Le traitement par la chaleur (une température de 77 °C maintenue pendant plus de 30 s et jusqu'à 5 min) ou par un désinfectant chimique après nettoyage constitue le moyen le plus efficace de détruire les organismes vivants qui n'ont pas été éliminés des surfaces par un nettoyage vigoureux. Les produits chimiques qui réduisent à une valeur négligeable le nombre des organismes pathogènes s'appellent des désinfectants. Les mêmes produits sont appelés assainisseurs dans les établissements de transformation alimentaire.

Les désinfectants chimiques constituent l'un des outils les plus puissants dans l'arsenal des procédés de nettoyage; toutefois, leur capacité de détruire les organismes résiduels est considérablement réduite si l'on n'a pas recours à de bonnes pratiques et méthodes de nettoyage pour enlever les débris d'aliment avant la désinfection. Lorsque les surfaces en contact avec les aliments sont nettoyées régulièrement et de façon appropriée (par exemple, à intervalle de 2 à 4 h en fonctionnement continu), elles hébergent peu de microorganismes, ce qui réduit la nécessité de la désinfection. Dans la plupart des cas, l'utilisation des désinfectants augmente la durée de conservation et la qualité des aliments transformés et, en outre, elle réduit les risques pour la santé publique attribuables à des agents pathogènes qui pourraient être encore présents sur les surfaces nettoyées.

De la même manière qu'il est important de recourir à des méthodes de nettoyage appropriées dans l'usine, il est indispensable d'appliquer les désinfectants en suivant les instructions fournies sur l'étiquette. Certains désinfectants peuvent être combinés pour obtenir un meilleur résultat, mais d'autres deviennent inactifs lorsqu'on les mélange. Par exemple, les composés anioniques acides et d'ammonium quaternaire peuvent se neutraliser si on les utilise ensemble, mais ils sont très efficaces lorsqu'on les utilise l'un après l'autre.

En plus de la compatibilité, il y a d'autres caractéristiques dont il faut tenir compte pour déterminer si les désinfectants conviennent. Parmi ces caractéristiques figurent le pH et la température, la puissance, la rémanence, la toxicité, le pouvoir corrosif et le coût. Le présent document a été préparé pour aider les entreprises de transformation des aliments à choisir le bon type de produit ainsi que les conditions d'utilisation de façon à obtenir le maximum d'efficacité à un coût le plus bas possible.

COMPORTEMENT GÉNÉRAL DES MICROORGANISMES

Types de microorganismes

Étant donné que ni les agents nettoyants ni les désinfectants, seuls ou ensemble, ne peuvent stériliser les surfaces en contact avec les aliments et les zones de travail et les débarrasser complètement de tout microorganisme, il est impossible de réaliser une lutte efficace contre les microorganismes sans un programme régulier de nettoyage et de désinfection. Les industries doivent traiter le problème des microorganismes sur une base régulière du fait que les microorganismes sont continuellement réintroduits dans l'usine par l'intermédiaire des aliments traités, qu'ils peuvent croître dans les aliments et qu'ils peuvent

être transmis dans d'autres parties de l'usine. C'est pourquoi il importe d'avoir une certaine compréhension des facteurs qui influent sur la survie et la croissance des microorganismes qui sont à l'origine de la dégradation précoce des aliments et de la maladie humaine.

Bactéries

Les bactéries sont des microorganismes unicellulaires qui se reproduisent simplement par division en deux cellules identiques. Deux types de bactéries, *Bacillus* et *Clostridium*, peuvent également présenter des formes dormantes, appelées spores, qui sont généralement plus résistantes à la chaleur. Les bactéries sont classées dans deux groupes principaux: des bactéries Gram-positives (+), dont la paroi cellulaire est pauvre en lipides ou en graisses, et les bactéries Gram-négatives (–), dont la paroi cellulaire est riche en lipides. Ces différences dans le mode de reproduction et dans la composition de la paroi cellulaire expliquent pourquoi la réaction des bactéries aux désinfectants chimiques est extrêmement variable.

De façon générale, les bactéries Gram-positives sont plus faciles à détruire que les bactéries Gram-négatives, qui sont elles-mêmes plus faciles à détruire que les spores de *Bacillus* et de *Clostridium*. Cependant, il y a toujours la possibilité que dans des conditions particulières certaines bactéries présentent une résistance imprévue à un désinfectant donné. Il arrive parfois que les staphylocoques et les streptocoques soient plus résistants que les entérobactériacées Gram-négatives; néanmoins, il est clair que les formes végétatives des bactéries sont détruites par les méthodes de nettoyage et de désinfection.

Dans des conditions de croissance optimale, dont une température variant de 24 à 46 °C, la population des bactéries peut doubler toutes les 10 à 20 minutes. Par conséquent, une seule cellule peut se diviser et donner 35 000 nouvelles cellules en l'espace de 2,5 à 5 h, d'où la nécessité de maintenir la population initiale à un niveau aussi faible que possible et de créer des conditions défavorables pour réduire, voire même enrayer totalement, la croissance des microorganismes.

Levures

Les levures sont des microorganismes unicellulaires qui se reproduisent tant par voie asexuelle (bourgeonnement) que par voie sexuelle (appariement de cellules mères), ce qui peut également entraîner la formation de spores. Comme la paroi cellulaire des levures est constituée principalement de polymères de glucides (pauvre en lipides), les levures sont également Gram-positives. Les levures qui contaminent naturellement l'alimentation humaine constituent beaucoup plus une préoccupation du point de vue de la détérioration des aliments que du point de vue de la santé publique.

Comme on utilise les levures dans de nombreux procédés de transformation des aliments, on les cultive sur une grande échelle. On utilise leur pouvoir de fermentation pour la production du pain, de la bière, du vin et des alcools. Malheureusement, certaines souches de levure sont une cause importante de gaspillage des aliments et sont à l'origine d'une réduction importante de la durée de conservation de certains aliments comme les confitures, les sirops, les viandes traitées et le fromage cottage. Les levures peuvent croître en présence ou en absence d'oxygène et peuvent même causer la détérioration d'aliments très acides (tel le yogourt).

Moisissures

Les moisissures sont des microorganismes plus complexes qui peuvent croître jusqu'à devenir visibles à l'œil nu. Elles se reproduisent de plusieurs façons, mais habituellement, elles forment un grand nombre de *spores*. Ces spores sont facilement disséminées par les courants d'air ou par l'eau qui éclabousse les surfaces contaminées.

Même si les spores de moisissures sont moins résistantes que les spores bactériennes, elles sont tout de même difficiles à détruire. Du point de vue de la désinfection chimique, la présence d'une forte contamination par des spores de moisissures est toujours un problème très délicat.

Virus

Les virus ne constituent pas un problème dans les usines de transformation des aliments lorsque les conditions d'hygiène sont bonnes, à l'exception peut-être des bactériophages qui servent de cultures de départ utilisées dans l'industrie laitière.

Conditions de survie et de croissance

Eau

Tous les organismes vivants ont besoin d'eau pour survivre; pour de nombreuses bactéries, le simple fait de les laisser sécher suffit pour les tuer. Par conséquent, assécher les surfaces aide grandement à maintenir la contamination à un niveau très faible.

On a observé que les spores et certaines bactéries pathogènes (*Staphylococcus aureus* et *Mycobacterium tuberculosis*) survivent très bien à l'absence d'humidité; par conséquent, il faut utiliser des désinfectants chimiques avant d'assécher les surfaces.

Aliment

La croissance ne peut avoir lieu sur une surface qui ne contient pas d'éléments nutritifs pour nourrir les bactéries. Un bon nettoyage avec les produits chimiques appropriés devrait permettre d'éliminer tous les résidus, ce qui prive les bactéries de toute possibilité de développement et de multiplication. La désinfection avec un produit chimique devrait être considérée comme une mesure de sécurité visant à réduire le nombre de microorganismes et non comme un substitut au nettoyage.

Température

La température de croissance optimale pour les microorganismes peut varier beaucoup d'un microorganisme à l'autre ; elle peut être aussi faible que 5 °C ou aussi élevée que 60 °C.

La réfrigération des aliments ou des surfaces contaminées ne permet pas une désinfection et les bactéries peuvent facilement survivre à de basses températures, même inférieures au point de congélation. Il ne faut pas compter sur le froid pour réduire la contamination. Les microorganismes les plus courants cessent de croître ou croissent très lentement à basse température, mais dès que les conditions d'entreposage le permettent, la croissance reprend; si les microorganismes sont en nombre suffisant, le produit est rapidement dégradé.

pH

Pour chaque espèce, il existe une gamme de pH optimale pour la croissance. En général, les conditions acides inhibent la croissance de la plupart des bactéries. Si le pH est inférieur à 2,5 ou supérieur à 10, il est très peu probable que les microorganismes survivent. C'est pourquoi un bon nettoyage réalisé à un pH de 10 ou plus, suivi d'un traitement acide à un pH de 2,5 ou moins, tue à peu près tous les types de bactéries.

Maladies d'origine alimentaire

La consommation d'un aliment contaminé peut entraîner une infection ou une intoxication.

Infections

Les infections alimentaires sont déterminées par la pénétration, la survie et la croissance de microorganismes pathogènes dans l'organisme. L'infection pour les agents pathogènes d'origine alimentaire tel que *Salmonella* siège dans les tissus vivants de la paroi intestinale. *Clostridium perfringens* cause une infection, mais l'organisme réagit également à la production de toxines par ce microorganisme.

Intoxications

Les intoxications alimentaires sont causées par l'ingestion de poisons ou produits toxiques formés par les microorganismes pathogènes durant leur croissance dans les aliments. Ces produits toxiques ou toxines sont de deux types: les endotoxines et les exotoxines. Les endotoxines sont présentes à l'intérieur de la cellule et sont libérées à la mort du microorganisme. Par contre, les exotoxines sont excrétées par le microorganisme vivant et demeurent toxiques longtemps après sa mort. Certaines de ces toxines sont résistantes à la chaleur (par exemple, les toxines produites par *Staphylococcus aureus*), et peuvent conserver leur pouvoir d'intoxication dans les aliments même après ébullition pendant 30 min. Ainsi, un aliment contaminé peut être dangereux même s'il n'héberge plus de microorganismes vivants.

Il est évident que le fait de détruire les microorganismes indésirables ne suffit pas toujours; il faut également détruire leurs toxines. Il est beaucoup plus facile d'éviter la contamination par les microorganismes vivants que d'inactiver les toxines une fois qu'elles sont présentes dans les aliments. Les mesures d'hygiène doivent viser à maintenir une faible population bactérienne plutôt qu'à réduire des populations qui seraient déjà élevées; elles constituent donc une préoccupation continuelle des usines de transformation des aliments.

AGENTS DE DÉSINFECTION

Classes

Les trois principales classes d'agents désinfectants utilisés au cours des opérations de transformation alimentaire pour réduire le nombre d'organismes vivants à un niveau acceptable sont la chaleur, l'irradiation et les produits chimiques (Guthrie, 1980).

La chaleur peut être appliquée sous forme de vapeur vive pour obtenir une température de 77 °C pendant 15 min ou de 93 °C pendant 5 min, avec une exposition d'au moins 1 min à un jet de vapeur. L'eau chaude est un agent de désinfection efficace si on l'applique à 77 °C pendant 2 min sur les plats et ustensiles, mais l'équipement de transformation des aliments doit être traité pendant 5 min à 77 °C. L'air chaud est efficace lorsqu'on l'utilise à 82 °C pendant 20 min.

Les rayonnements ultraviolets ne détruisent les microorganismes sur les surfaces que si ces dernières sont exposées directement aux rayonnements. La durée d'exposition devrait dépasser 2 min.

La classe des agents chimiques est plus variée et c'est elle qui nous intéresse le plus. Elle comprend les composés chlorés, les composés d'ammonium quaternaire, les composés aldoquaternaires, les composés acides anioniques, les aldéhydes, les amphotères et les complexes iodés. Bien qu'ils soient utilisés dans les hôpitaux, certains produits comme les phénols, le formaldéhyde et les sels des métaux lourds sont trop toxiques ou trop corrosifs pour être utilisés sur les surfaces en contact avec les aliments.

Mode d'action

Le mode d'action des différents désinfectants varie beaucoup et peut même être compliqué dans certains cas. Les oxydants peuvent provoquer un changement ou une destruction chimiques, mais il arrive aussi qu'ils intoxiquent de nombreuses bactéries à cause de l'interférence métabolique engendrée par l'oxygène libéré.

Destruction ou dénaturation chimiques

À cause de leur acidité ou de leur alcalinité, les acides forts et les bases fortes sont corrosifs et détruisent rapidement la matière organique. Certains de ces produits peuvent être utilisés pour tuer les microorganismes. Évidemment, le principal obstacle à l'utilisation de ces produits tient au fait qu'ils corrodent l'équipement et les matériaux utilisés dans les usines de transformation des aliments. On les utilise peu en raison des dangers qu'offre leur manipulation. À part le pH, il existe une variété d'autres types de réactions chimiques propices à la désinfection.

On a souvent recours aux oxydants pour détruire rapidement les bactéries; parmi les produits représentatifs de cette classe et dont l'emploi est le plus fréquent, on peut citer les hypochlorites, les composés organiques chlorés complexes, le peroxyde d'hydrogène et l'acide peracétique. La désinfection des produits cartonnés par passage à travers une solution concentrée de peroxyde d'hydrogène a permis l'apparition de l'empaquetage aseptique dans l'industrie alimentaire. Les composés qui libèrent un halogène, comme les iodophores et les complexes bromés qui donnent de l'iode et du brome toxiques, agissent d'une manière semblable et font, eux aussi, l'objet d'une utilisation répandue.

D'une manière typique, la destruction chimique est un phénomène rapide, qui agit sans distinction sur toute matière organique et également sur les métaux, mais à des vitesses variables. Étant donné que les phospholipides sont fortement résistants à l'attaque chimique, on peut s'attendre que les bactéries Gram-négatives, qui contiennent des quantités relativement importantes de

phospholipides dans leur paroi cellulaire, soient plus résistantes que les autres à ce type de désinfection.

Interférence métabolique

La destruction par interférence métabolique peut être décrite comme un empoisonnement des cellules vivantes. En général, l'action première des produits chimiques est dirigée contre la paroi cellulaire et la membrane. L'affaiblissement ou la destruction de ces dernières peut être suivie d'une action secondaire à l'intérieur de la cellule, qui perd la capacité de produire l'énergie vitale à partir des éléments nutritifs. Ce phénomène entraîne la mort cellulaire. On connaît encore très peu la nature exacte des événements qui mènent à la mort, mais cette question fait actuellement l'objet d'études.

Ce qu'il importe de retenir, c'est que la matière organique peut gêner et même bloquer l'activité du désinfectant, et que certaines souches de microorganismes peuvent acquérir grâce au phénomène de mutation une résistance à l'égard d'un désinfectant chimique particulier agissant par voie métabolique. Par conséquent, il est important de suivre le mode d'emploi approprié lorsqu'on utilise ce type de produit chimique et de s'assurer de l'élimination du plus grand nombre possible d'organismes viables. Il est également prudent d'alterner les désinfectants à intervalles réguliers, déterminés expérimentalement ou empiriquement.

Inhibition de la reproduction

Certains désinfectants peuvent gêner la reproduction en bloquant la duplication du matériel génétique dans le noyau de la cellule, sans toutefois tuer la cellule vivante. Il arrive souvent que le produit chimique empêche l'assemblage correct d'une chaîne protéinique. D'autres produits chimiques peuvent agir à des endroits spécifiques, comme sur les groupements sulfhydryles des acides aminés, pour empêcher l'action d'enzymes indispensables à la reproduction.

Les produits qui agissent de cette façon n'éliminent pas tous les organismes vivants ou viables. Ils interrompent la reproduction, et lorsque le désinfectant est rincé des surfaces ou qu'il s'épuise, les bactéries viables peuvent se remettre à croître après une période de rétablissement.

Dans certains cas, une forte augmentation de la concentration chimique peut produire un effet létal immédiat sur certaines bactéries; toutefois, pour éviter la sélection de microorganismes résistants indésirables, il faut choisir la durée de contact la plus longue indiquée dans les instructions du fabricant.

ÉVALUATION DES DÉSINFECTANTS CHIMIQUES

Critères de base

Le choix d'un désinfectant chimique doit se faire en tenant compte des facteurs suivants:

- le pouvoir bactéricide (bon pouvoir de destruction à concentration faible);
- spectre bactéricide (large ou sélectif selon l'utilisation prévue);
- tolérance à l'égard des conditions environnementales défavorables (résidus organiques, dureté de l'eau, résidus de détergent, pH, etc.);
- bonnes propriétés tensio-actives (mouillance);

- stabilité (sous forme concentrée et diluée);
- prix raisonnable;
- goût et odeur faibles;
- faible toxicité et faible pouvoir irritant pour l'utilisateur;
- absence d'interférence avec le processus de fabrication.

Facteurs agissant sur l'efficacité du désinfectant

Relations de temps, de température et de concentration

L'efficacité de l'action désinfectante est étroitement liée à la température à laquelle l'opération est réalisée; la gamme de températures optimales varie de 21 à 38 °C. Certains désinfectants comme l'iode sont volatiles et se dissipent rapidement à des températures supérieure à 50 °C, tandis que d'autres sont complètement inefficaces à des températures de 4,5 °C ou moins.

Malheureusement, dans la plupart des cas on ignore la relation entre la température et le taux de destruction. De façon générale, les produits qui agissent par interférence métabolique ou par inhibition de la reproduction deviennent beaucoup plus efficaces lorsque la température passe de 4 °C à 50 °C. Dans le cas des produits qui agissent principalement par destruction chimique, l'efficacité varie beaucoup moins avec l'augmentation de la température. Il faut également se rappeler qu'à des températures élevées, la corrosion devient vite une préoccupation importante. Les données illustrant les relations de temps, de température et de concentration obtenues au cours d'une étude récente sont indiquées au tableau 1.

L'importance de l'effet de la température sur les microorganismes (stress ou inhibition de leur croissance), et l'importance de l'effet combiné de la température et d'un désinfectant dépendent de la nature des microorganismes visés. Quelques microorganismes présentent une croissance optimale à des températures inférieures à 20 °C, tandis que d'autres ont une croissance optimale à 55 °C.

La température peut être facilement surveillée dans les systèmes N.E.P. (nettoyage en place) et devrait être mise à profit chaque fois que la chose est possible. Par contre, l'assainissement extérieur de la machinerie ne permet pas une forte augmentation de température, étant donné qu'une solution désinfectante chaude se refroidit très rapidement au contact d'une surface froide. C'est pourquoi il est recommandé d'allonger la durée de contact le plus possible. Il est préférable d'assainir l'équipement immédiatement après le nettoyage et de le rincer quelques minutes avant l'utilisation.

Résidus organiques

La présence de matières organiques agit défavorablement sur la plupart des désinfectants. Souvent on néglige le nettoyage en pensant que le désinfectant résoudra les problèmes de contamination; non seulement cette idée est-elle fausse, mais en agissant ainsi, on se trouve en plus à neutraliser presque entièrement l'action du désinfectant.

La perte d'efficacité dépend du type de désinfectant et de la nature des débris alimentaires. Les désinfectants utilisés couramment comme les hypochlorites et les iodophores ne peuvent agir en présence de résidus organiques.

Tableau 1 Concentration minimales efficaces pour divers désinfectants contre *Pseudomonas aeruginosa*, selon le test de « dilution d'emploi » (AOAC 1980); la température et le temps de contact sont les variables du système ; les concentrations sont exprimées en ppm d'ingrédients actifs[1].

Désinfectant[2]	Temps de contact (min)	Concentration à la température de: 4 °C (ppm)	20 °C (ppm)	37 °C (ppm)	50 °C (ppm)
composés	10	375	225	50	20
anioniques acides	20	375	225	50	20
(Per-vad)	30	175	150	40	20
acétate de	10	12 500	5 500	250	150
chlorhexidine	20	7 500	2 000	250	50
(Hibitane)	30	7 500	2 000	225	60
ammonium	10	4 250	2 250	1 000	275
quaternaire	20	2 000	425	425	275
(FP 787)	30	1 500	425	325	275
glutaraldéhyde	10	65 000	8 500	750	750
	20	32 500	2 000	750	550
	30	32 500	2 000	750	425
composé	10	2 750	1 100	225	110
aldoquaternaire	20	1 000	650	225	110
(Quatal)	30	1 000	550	85	50
Hypochlorite	10	375	175	100	*
de sodium	20	110	65	45	*
	30	50	50	25	*
Iodophore	10	110	40	40	*
(Mikroklene)	20	40	40	40	*
	30	40	40	20	*
produits	10	12 500	12 500	2 250	850
amphotères	20	11 000	7 500	275	125
(Tego 51)	30	3 250	3 250	275	100

1/ Gélinas et coll. (1981).

2/ La mention d'une marque déposée ne constitue pas un appui et ne signifie pas qu'il s'agit du meilleur ou du seul produit de ce type particulier en vente sur le marché.

* Instable à cette température.

Les composés d'ammonium quaternaire, les composés acides anioniques, les composés aldoquaternaires et les amphotères sont légèrement plus tolérants, tandis que les aldéhydes en général sont presque pas touché.

Des tests de laboratoire ont démontré que les agents nettoyants-désinfectants offrent peu de protection à moins que les solutions soient souvent changées afin d'éviter une forte accumulation de débris. Les bains servant au lavage des mains doivent aussi être vérifiés attentivement pour s'assurer qu'ils ne deviennent pas eux-mêmes une source de contamination.

Dureté de l'eau

Bien que l'efficacité de l'action bactéricide de l'hypochlorite ne soit pas modifiée de façon substantielle par une dureté extrême de l'eau (500 ppm de calcium plus du magnésium), les composés d'ammonium quaternaire ne devraient pas être utilisés lorsque l'eau est dure (plus de 200 ppm). De nombreux composés d'ammonium quaternaire contiennent des agents séquestrants qui assurent une efficacité même en eau dure. Une eau extrêmement dure peut également réduire l'efficacité des iodophores utilisés à des concentrations faibles.

Type de surface

Le type de surface à désinfecter est un facteur d'importance considérable que l'on néglige trop souvent dans les tests pour déterminer l'efficacité d'un désinfectant. Une étude récente (Gélinas et coll., 1981) réalisée sur des surfaces en acier inoxydable, en polypropylène et en alliage d'aluminium, a révélé une variation considérable de la concentration efficace d'emploi de certains désinfectants utilisés sur différentes substances. Par conséquent, une évaluation soigneuse en laboratoire des désinfectants doit porter sur toutes les principales surfaces retrouvées dans l'usine où le produit sera utilisé.

De toute évidence, des produits acides comme les iodophores et les complexes acides anioniques ne doivent pas être utilisés sur des substrats alcalins comme le béton. L'aluminium de qualité standard résiste très mal aux composés acides anioniques et aux hypochlorites.

Il faut noter que les composés organochlorés, les hypochlorites, les iodophores, les composés d'ammonium quaternaires et les produits amphotères conviennent tous pour utilisation sur des surfaces en contact avec les aliments et qui sont fabriquées en acier inoxydable, en verre et en céramique, en plastique, en bois, en caoutchouc et même sur certaines surfaces peintes (Lewis, 1980).

On trouvera au tableau 2 un résumé du comportement des principaux types de désinfectants en fonction des conditions environnementales ainsi que certaines caractéristiques individuelles importantes des désinfectants.

Durée d'exposition

Dans des conditions optimales de désinfection, la durée d'exposition devrait être d'au moins 2 min. On recommande habituellement une durée de contact supérieure à 10 min, étant donné que les conditions d'application ne sont généralement pas optimales pour l'action du désinfectant (tableau 1).

Tableau 2 Classification proposée des désinfectants testés[1].

Groupe de désinfectants	Mode d'action	Réactivité générale	Stabilité à la chaleur et à la lumière	Tolérance à l'égard des matières organiques	Dépendance à l'égard de la température	Efficacité à basse température
1. Hypochlorite de sodium Iodophore	Oxydation générale de la cellule	Élevée	Faible	Faible	Faible	Élevée
2. Complexe aldoquaternaire Composé de l'ammonium quaternaire Composé anionique acide	Dénaturation de la perméabilité générale de la cellule	↑	↓	↓	↓	↑
3. Acétate de chlorhexidine Surfactant amphotère	Pas encore très bien compris					
4. Glutaraldéhyde	Fixation des couches cellulaires externes	Faible	Élevée	Élevée	Élevée	Faible

[1] Résumé tiré de Hugo (1965).

Vérification de l'efficacité du désinfectant

Tests en laboratoire

Plusieurs méthodes ont été proposées pour évaluer l'efficacité des désinfectants en déterminant la dilution la plus efficace du composé en conditions d'utilisation: la « dilution d'emploi ». Il existe trois méthodes principales: méthode de suspension, tests avec supports inertes et les tests sur gélose.

Dans les méthodes de suspension, on expose une concentration connue d'un microorganisme-test dans un liquide contenant une concentration précise du désinfectant. On dénombre les survivants et le taux de destruction est déterminé.

Dans les tests avec supports inertes, les supports (des anneaux métalliques) sont contaminés avec des microorganismes, égouttés, puis exposés au désinfectant. Les supports sont retirés et placés dans un milieu liquide qui permet la croissance de tout micro-organisme vivant.

Les tests sur gélose peuvent être utilisés pour vérifier des substances apparentées aux antibiotiques. Des disques imprégnés de désinfectant sont déposés sur une couche de gel nutritif (gélose) qui contient des bactéries. L'efficacité du désinfectant est évaluée par l'importance de la zone d'inhibition des bactéries autour du disque.

La méthode du « coefficient de phénol » qui était fortement utilisée il y a quelques années est maintenant considérée par certains comme peu fiable, surtout lorsqu'on l'applique à des désinfectants de contact qui doivent servir à décontaminer des surfaces.

Pour une bonne évaluation, nous considérons que le test « dilution d'emploi » de l'AOAC (test avec porteurs inertes) et certaines de ses variations indiquent dans quelles conditions un désinfectant donné détruira la totalité des microorganismes vivants présents sur une surface particulière. Les concentrations jugées efficaces peuvent être beaucoup plus élevées que ce qui est généralement nécessaire en pratique, mais ces tests permettent de faire certaines comparaisons réalistes entre les différents produits. De plus, des facteurs essentiels comme le type de surface, l'interférence des résidus organiques et la température peuvent être étudiés et le mode d'emploi peut être modifié en conséquence.

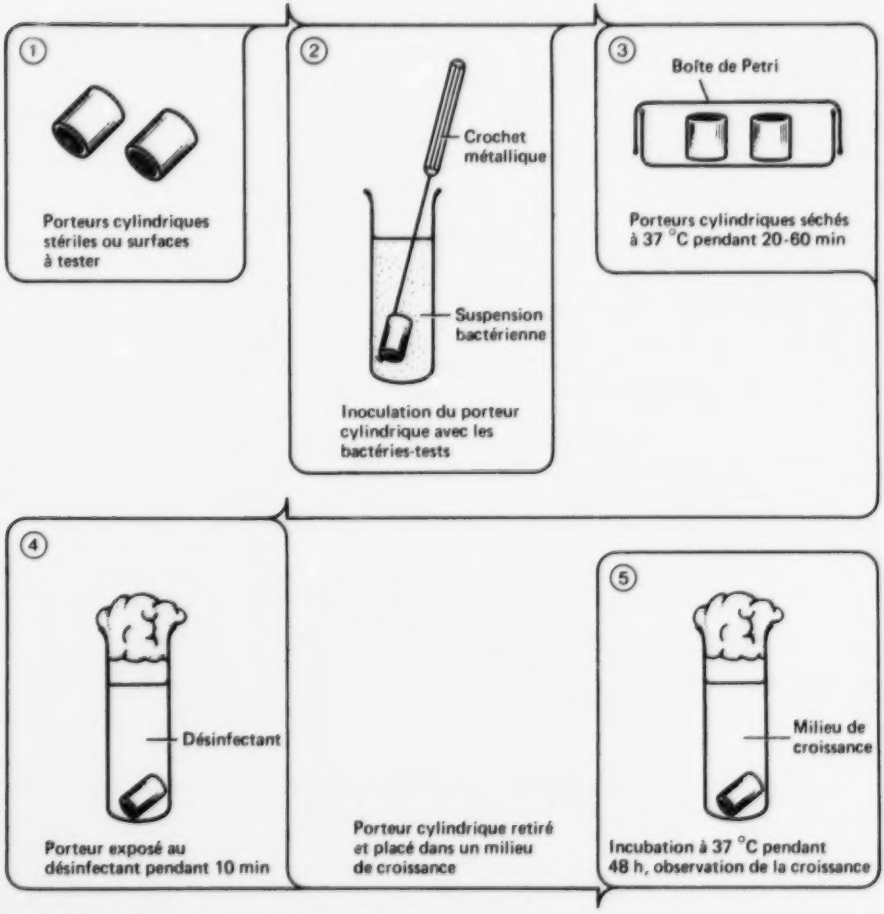
Méthode « dilution d'emploi » de l'AOAC. Les étapes essentielles de la méthode sont expliquées à la figure 1. Pour que le test soit significatif du point de vue statistique, il devrait être répété 60 fois. Pratiquement, on peut se contenter de 10 répétitions. La méthode est décrite en détail dans la 13e édition du manuel de l'AOAC (AOAC, 1980).

Modifications du test. Pour que les tests normalisés reflètent davantage les conditions d'utilisation des désinfectants dans l'usine, on recommande d'apporter les modifications suivantes au test:

- Dureté de l'eau. Pour déterminer l'effet de la dureté de l'eau sur l'efficacité du désinfectant, on utilise la méthode des désinfectants germicides et détergents (AOAC, 1980). Dans la méthode normalisée, on remplace l'eau distillée par de l'eau stérile de dureté connue. Pour évaluer l'efficacité du désinfectant employé avec l'eau de l'usine, on propose de stériliser une quantité d'eau appropriée qu'on utilisera pour les tests. Il serait utile de réaliser des

analyses du pH, de la dureté et de la teneur en fer avant et après la stérilisation afin de définir les propriétés exactes de l'eau.

- Résidus organiques. On peut utiliser la méthode de Whitmore et Miner (1976). Il serait préférable d'utiliser les mêmes résidus organiques que ceux qu'on trouve dans l'usine concernée (par exemple, lait en poudre, sang séché) afin de pouvoir mieux évaluer leurs effets sur l'efficacité du désinfectant.



Pour la désinfection pratique, on présume que la dilution la plus élevée qui tue les microorganismes-tests dans 10 porteurs pour une durée de contact de 10 minutes constitue une «dilution d'emploi» sûre.

Figure 1 Méthode « dilution d'emploi » de l'AOAC pour tester l'efficacité des désinfectants.

- Type de surface. Étant donné que le type de surface influe fortement sur l'activité des désinfectants, nous recommandons l'utilisation des mêmes surfaces que celles qui sont en contact avec les aliments dans l'usine concernée. Les agents nettoyants utilisés dans les expériences devraient aussi être les mêmes que ceux qui sont utilisés d'habitude dans l'usine. Ainsi, le test tiendra compte à la fois de la méthode de nettoyage et de l'efficacité du désinfectant.

Tests à l'usine

À moins d'adopter une méthode normalisée, la partie du programme d'évaluation qui est réalisée à l'usine peut être trompeuse et ne présenter aucune corrélation avec les résultats obtenus en laboratoire.

Il y a deux méthodes principales d'échantillonnage pour évaluer la contamination des surfaces: l'utilisation d'écouvillons de différents types et le contact direct entre la surface et une gélose solidifiée (par exemple, des plaques Rodac).

La première méthode permet d'atteindre les parties en retrait et fait appel à un effet d'abrasion pour déloger les microorganismes de la surface. En contrepartie de ces avantages, il est parfois difficile avec cette méthode de déterminer exactement la partie de la surface qui a été échantillonnée, si cette surface n'est pas plane.

Dans certains cas, lorsque les bactéries présentes peuvent être de type anaérobie en pellicules minces (leuconostoques, lactobacilles), on peut utiliser des écouvillons mouillés avec une solution stérile contenant un produit abrasif (par exemple, de la silice calcinée) pour déloger de façon efficace tout microorganisme vivant.

Les plaques Rodac sont plus faciles à utiliser et à interpréter. Toutefois, elles ne peuvent être utilisées que sur des surfaces planes et ne permettent pas de pousser plus loin l'identification des bactéries. Sauf pour ce qui est de la vérification usuelle, nous ne recommandons pas leur utilisation dans un programme d'évaluation.

La méthode typique pour tester l'efficacité d'un désinfectant sur une surface serait:

- écouvillonnage des régions suspectes à la fin de la période de production;
- écouvillonnage de certains endroits immédiatement après le nettoyage usuel;
- application du désinfectant testé à la concentration recommandée;
- écouvillonnage après le temps de contact minimal recommandé;
- écouvillonnage des surfaces lorsqu'on est prêt à reprendre la production.

Pour une évaluation préliminaire, l'examen des prélèvements réalisés par écouvillonnage doit se faire sur quatre milieux de culture différents pour obtenir les renseignements suivants:

- dénombrement total (gélose SPC);
- levures et moisissures (gélose PDA);
- coliformes (bouillon vert brillant);
- staphylocoques (gélose Baird-Parker).

Si l'on soupçonne la présence de microorganismes anaérobies, il faut utiliser les géloses et les techniques appropriées (Holdeman et coll., 1977).

Recommandations générales

Nous voulons encore une fois souligner le fait qu'il est indispensable dans une usine de transformation des aliments d'avoir des surfaces non contaminées; toutefois, il faut se rappeler que la plupart du temps la contamination survient au cours du traitement. Il est inutile de consacrer beaucoup de temps et d'efforts à décontaminer des surfaces si on ne prend pas la peine d'adopter de bonnes pratiques de fabrication alimentaire.

À partir de l'expérience que nous avons acquise et des recherches documentaires que nous avons faites, nous formulons les recommandations suivantes:

1. Il ne faut pas trop se fier aux allégations non fondées faites au sujet d'un désinfectant. Il faut exiger des renseignements précis et, à défaut de réponses, il faut réaliser ses propres tests.
2. Il faut déterminer la concentration « d'utilisation » du produit. Les tests en laboratoire doivent porter sur plusieurs microorganismes-tests y compris *Pseudomonas aeruginosa* et des contaminants microbiens provenant de votre usine. Il peut être nécessaire de retenir les services d'un laboratoire pour réaliser ces tests.
3. Les débris organiques peuvent diminuer l'efficacité des désinfectants. Vérifiez cette possibilité en utilisant des résidus provenant de votre usine. IL FAUT NETTOYER AVANT DE FAIRE LE PRÉLÈVEMENT.
4. Ne pas utiliser des matériaux de construction qui sont difficiles à désinfecter; la machinerie doit être facile à nettoyer et à désinfecter. Il faut utiliser une technique d'essai avec un support inerte (AOAC, 1980).
5. Il ne faut utiliser que des matériaux résistant à la corrosion; la gamme de désinfectants utilisables n'en sera que plus grande.
6. Vérifier régulièrement la concentration des désinfectants instables (par exemple, les iodophores et les hypochlorites).
7. Examiner attentivement la possibilité que les désinfectants agissent sur le processus de fabrication. Éviter la contamination des aliments.
8. Établir le rapport temps, température et concentration le plus économique pour chaque désinfectant.
9. Faire la corrélation entre les tests de laboratoire et l'évaluation à l'usine.

MÉTHODE GÉNÉRALE POUR LE CHOIX DES DÉSINFECTANTS

1. IDENTIFIER et choisir les microorganismes cibles; préparer plusieurs souches, y compris *Pseudomonas aeruginosa*; travailler également avec des souches isolées dans l'usine.
2. DÉFINIR les contraintes à observer:
   - dans l'usine: temps d'exécution disponible;
     types de surfaces;
     qualité du nettoyage.
   - par rapport aux produits: pouvoir corrosif;
     stabilité;
     toxicité;
     rinçabilité des solutions bactéricides.

3. ÉTUDIER le comportement des produits en laboratoire (*in vitro*), en utilisant des méthodes approuvées.
4. CONFIRMER les résultats obtenus en laboratoire en réalisant des tests à l'usine (*in situ*).
5. CALCULER la concentration la plus économique pour une désinfection efficace (voir section suivante).

Les renseignements fournis au tableau 3 résument très brièvement comment peut se faire le choix d'un désinfectant à partir des considérations précédentes.

Tableau 3 Recommandations* générales pour l'utilisation des désinfectants chimiques dans les usines de transformation des aliments.

Utilisation prévue	Désinfectant recommandé
Psychrotrophes Gram-négatifs (*Pseudomonas*)	composé anionique acide, acétate de chlorhexidine, glutaraldéhyde, hypochlorite de sodium, iodophore
Cellules végétatives Gram-positives	ammonium quaternaire, composé aldoquaternaire, iodophore, chlore
spores bactériennes	chlore, (ou autres)
coliformes	hypochlorite de sodium, iodophore (ou autres)
eau dure	composés anioniques acides, hypochlorite de sodium, glutaraldéhyde, composés aldoquaternaires
matériel en aluminium	glutaraldéhyde, produits amphotères, composés aldoquaternaires
équipement juste avant l'utilisation	iodophore, chlore (ou autres)
équipement à entreposer	ammonium quaternaire, glutaraldéhyde, composés aldoquaternaires (ou autres)

*de Guthrie (1980) et de Gélinas et coll. (1981).

Notes: Il faut tenir compte de contraintes physiques comme la corrosion, le type de surface, l'interférence avec les processus de fabrication, etc.

Le fait qu'un type particulier de désinfectants soit recommandé ne signifie pas nécessairement que d'autres types de produits ne conviennent pas pour une utilisation déterminée.

RAPPORT QUALITÉ/PRIX

Bien que la relation entre la qualité et le prix soit complexe, son analyse nécessite en général l'utilisation de résultats *in vitro* et *in situ*. On trouvera ci-dessous un exemple de ce genre de calcul. Il est fondé sur l'équation suivante: Coût = coût du désinfectant nécessaire + coût pour chauffer l'eau à la température désirée.

On suppose que trois produits (A, B et C) sont disponibles. Nous connaissons leurs seuils d'efficacité (c'est-à-dire, la concentration la plus faible avec laquelle ils tuent toutes les bactéries pour une température donnée de la solution).

Désinfectant	Coût du désinfectant ($/L)	Seuil d'efficacité—concentration en pourcentage à des températures de: 4 °C (%)	20 °C (%)	40 °C (%)	70 °C (%)
A	1,80	2,0	1,5	1,0	1,00
B	3,25	0,5	0,2	0,1	0,05
C	1,05	1,0	0,8	0,6	inacceptable

Cet exemple suppose l'utilisation de 1 000 L de solution bactéricide (nettoyage par circulation). Le coût du désinfectant nécessaire est par conséquent le coût du désinfectant par litre multiplié par sa concentration en pourcentage dans la solution, et par la quantité de solution qui sera utilisée.

Pour trouver le coût nécessaire pour chauffer l'eau à la température désirée, supposons que l'eau de l'usine a une température de 10 °C. Pour chauffer cette eau, il faut consommer du carburant, ce qui coûte 0,40 $/L. Le coût du chauffage est calculé en multipliant les 1 000 L de solution par le nombre de degrés qu'il faut ajouter à la température de l'eau et par le prix du pétrole par litre divisé par 10 000 (ce qui représente l'énergie en calories produite par un litre de pétrole).

Ainsi, l'application la plus économique des produits testés se calcule de la manière suivante:

Produit A

$$4\,^{\circ}C: (1{,}80 \times 2{,}0\ \% \times 1000) + (0) = 36{,}00\,\$$$

$$20\,^{\circ}C: (1{,}80 \times 1{,}5\ \% \times 1000) + \left(1000\,[20-10] \times \frac{0{,}40}{10\,000}\right) = 27{,}40\,\$$$

$$40\,^{\circ}C: (1{,}80 \times 1{,}0\ \% \times 1000) + \left(1000\,[40-10] \times \frac{0{,}40}{10\,000}\right) = 19{,}20\,\$$$

$$70\,^{\circ}C: (1{,}80 \times 1{,}0\ \% \times 1000) + \left(1000\,[70-10] \times \frac{0{,}40}{10\,000}\right) = 20{,}40\,\$$$

Par conséquent, l'application la plus économique et la plus efficace du désinfectant A serait une solution de 1 % appliquée à une température de 40 °C.

Produit B

$$4\,°C:\ (3{,}25 \times 0{,}5\ \% \times 1000) + (0) = 16{,}25\,\$$$

$$20\,°C:\ (3{,}25 \times 0{,}2\ \% \times 1000) + \left(1000\,[20-10] \times \frac{0{,}4}{10\,000}\right) = 6{,}90\,\$$$

$$40\,°C:\ (3{,}25 \times 0{,}1\ \% \times 1000) + \left(1000\,[40-10] \times \frac{0{,}4}{10\,000}\right) = 4{,}45\,\$$$

$$70\,°C:\ (3{,}25 \times 0{,}05\,\% \times 1000) + \left(1000\,[70-10] \times \frac{0{,}4}{10\,000}\right) = 4{,}03\,\$$$

L'application la plus économique et la plus efficace du désinfectant B se fait à une concentration de 0,05% et à une température de 70°C.

Produit C

$$4\,°C:\ (1{,}05 \times 1{,}0\ \% \times 1000) + (0) = 10{,}50\,\$$$

$$20\,°C:\ (1{,}05 \times 0{,}8\ \% \times 1000) + \left(1000\,[40-10] \times \frac{0{,}4}{10\,000}\right) = 8{,}80\,\$$$

$$40\,°C:\ (1{,}05 \times 0{,}6\ \% \times 1000) + \left(1000\,[40-10] \times \frac{0{,}4}{10\,000}\right) = 7{,}50\,\$$$

70°C: inacceptable

Lorsqu'on utilise le désinfectant C à une concentration de 0,6% à 40°C, on obtient les meilleurs résultats au coût le plus faible.

Il faut bien comprendre que le fait d'appliquer la concentration la plus élevée du désinfectant ne constitue pas toujours la meilleure façon et la façon la plus sensée d'utiliser ces produits. On peut réaliser des économies considérables et améliorer grandement l'efficacité de la désinfection si on effectue les calculs ci-dessus.

RÉFÉRENCES

AOAC. 1980. Official methods of analysis, Association of Official Analytical Chemists, 13th edition. W. Horwitz, ed., Washington, pp. 56–68.

Gélinas, P.; Goulet, J.; Tastayre, G. M.; Picard, G. A. 1981. Chemical disinfection and sanitizing in the food industry. Research Contract No. ISZ79-00260, Agriculture Canada, Ottawa. 117 pp.

Guthrie, R. K. 1980. Food sanitation, 2nd edition. AVI Publishing Co. Inc., Westport, Conn. 326 pp.

Holdeman, L. V.; Cato, E. P.; Moore, W. E. C. 1977. Anaerobe laboratory manual, 4th edition. Virginia Polytechnic Institute and State University Anaerobe Laboratory, Blacksburg, Va. 24061.

Hugo, W. B. 1965. Disinfection. Pages 187–270 *in* Sterilization and disinfection, T. S. Whittet, W. B. Hugo, and G. R. Wilkinson, eds., William Heinemann Medical Books Ltd., London.

Lewis, K. H. 1980. Cleaning, disinfection and hygiene. Pages 232–258 *in* Microbial ecology of foods, Vol. 1. International Commission on Microbiological Specifications for Foods. Academic Press Inc., New York.

Whitmore, E. J.; Miner, N. A. 1976. Analysis and optimization of a quantitative organic soil neutralization test for disinfectants. J. Assoc. Off. Anal. Chem. 59:1344–1351.